Ю. А. Василевский

Практика магнитной записи звука



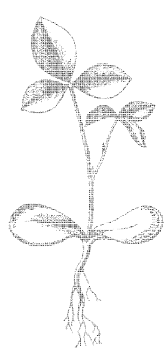
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 484

Ю. А. ВАСИЛЕВСКИЙ

ПРАКТИКА МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ ЗВУКА





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

УДК 681.84.083.8
В19

В брошюре вкратце рассматриваются принцип действия и устройство магнитофона, а также различные применения его для записи музыки и речи.

Рассчитана брошюра на радиолюбителей, начинающих практически знакомиться с магнитной звукозаписью, и на владельцев магнитофонов, желающих больше узнать об их устройстве и интересующихся практическими советами по использованию магнитофонов.

СОДЕРЖАНИЕ

Василевский Юрий Антонович
Практика магнитной записи звука. М.—Л.. Госэнергоиздат, 1963.
24 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 484).

* * *

Редактор *В. Г. Корольков* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в пр-во 29/IV 1963 г. Подписано к печати 10/VIII 1963 г.
Формат бумаги 84×108¹/₃₂ 1,23 п. л. 1,7 уч.-изд. л.
Т-09029 Тираж 100 000 экз. Цена 07 коп. Зак. 229

Типография № 1 Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОФОНА

В настоящее время магнитофон стал массовым «бытовым» прибором подобно радиоприемнику и телевизору.

Широкому распространению магнитофонов способствовало удобство обращения с ними, высокое качество записи, а также возможности разнообразного их применения. Магнитофон может доставить не только приятный отдых, но и быть незаменимым помощником в повседневной жизни, в учебе и в работе.

Рассмотрим пока кратко некоторые, наиболее интересные для широкого круга лиц применения магнитофона.

Фонотека, или музыкальная библиотека. С помощью магнитофона можно создать личную фонотеку с записями любимой музыки. Музыкальные произведения по определенному тематическому плану перезаписываются с грампластинок или с другой магнитной ленты или записываются во время радио и телевизионных передач. Подбор записей может быть сделан также путем монтажа, т. е. склейки отдельных лент.

Семейный звуковой альбом и звуковые письма. С большим удовлетворением слушают в течение многих лет записи голосов детей, родных и знакомых. Интересно сохранить также записи семейных праздников, поздравлений и т. п.

Магнитофон позволяет производить обмен звуковыми письмами между членами семьи и друзьями, находящимися в отъезде. Такое письмо иногда может сказать значительно больше, чем написанное на бумаге.

Запись сообщений. Предположим, что идет интересный телевизионный концерт и в это же время одна из радиостанций передает репортаж о футбольном мачте, который Вам также хочется послушать. На помощь приходит магнитофон: репортаж можно записать, выключив громкоговоритель радиоприемника, и полученную запись воспроизвести в любое подходящее время.

В другом случае можно попросить кого-нибудь из близких записать интересующую Вас передачу во время Вашего отсутствия. Естественно, что записи могут прослушиваться и обсуждаться сколько угодно раз. Это особенно ценно, когда записываются научные доклады и лекции.

Можно производить также записи телефонных сообщений или двустороннего телефонного разговора, которые делаются с помощью простого приспособления без какого-либо нарушения внутреннего устройства телефона.

Озвучание любительских кинофильмов и запись звука в поездках. Магнитофон позволяет озвучить самостоятельно снятый кинофильм, а в экспедициях и туристских поездках может запечатлеть

«звуковые» картины природы — голоса птиц, зверей, шум моря и др. Магнитофон можно использовать также для записи рассказа экскурсовода. Для подобных целей применяют переносные магнитофоны с автономным электропитанием.

Музыкальное образование. Как для начинающего так и для профессионального музыканта очень важно научиться критическому отношению к собственному исполнению. Здесь магнитофон приносит особенно большую пользу, выполняя роль «звукового зеркала». Наряду с этим с магнитной ленты можно прослушивать образцы исполнения — записи известных музыкантов и артистов. Магнитофон может быть также непритязательным аккомпаниатором при разучивании и исполнении сольных партий.

Изучение иностранных языков. Хорошо известно обучение иностранным языкам с помощью грампластинок Те же приемы обучения возможны и с применением магнитофона. Однако магнитофон оказывается в этом отношении более оперативным помощником. Он позволяет слушать запись голоса преподавателя, повторять за ним отдельные слова и фразы и записывать их на ту же магнитную ленту, но на другую дорожку. Потом очень полезно сравнить обе записи и выявить свои ошибки в произношении. Такое сравнение более правильно, чем то, которое может быть сделано без записи, так как наш голос во время речи слышится нам иначе, чем окружающим. Происходит это потому, что, когда мы говорим, звук голоса доходит до наших слуховых органов не только через уши, но и через кости черепа. Воспроизведение же записи позволяет нам слышать голос таким, каким его слышат другие.

Диктовка. Существуют специальные диктовальные аппараты для магнитной записи речи, так называемые диктофоны. Такие аппараты отличаются от магнитофонов пониженной скоростью движения ленты и некоторыми особенностями управления. Диктофоны позволяют вести запись в течение длительного времени, вплоть до нескольких часов. При воспроизведении, когда запись переписывается вручную или перепечатывается на машинке, имеется возможность замедлить воспроизведение, а также повторить непонятную фразу или часть ее.

ПРИНЦИП МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА

Процесс записи. Магнитная запись основана на намагничивании магнитной ленты. Схема записи показана на рис 1. Лента равномерно движется, проходя через магнитное поле, образованное головкой записи.

Лента содержит гибкую пластмассовую основу, на которую нанесен рабочий слой, обладающий ферромагнитными свойствами, т. е. способностью намагничиваться. Ферромагнитный слой состоит из частичек феропорошка, скрепленных связующим веществом.

Головка записи представляет собой электромагнит. В сердечнике головки имеется рабочий зазор, над которым возбуждается магнитное поле рассеяния, если через обмотку головки проходит ток. Ширину рабочего зазора (так называют размер Δ) выбирают в пределах 5—20 *мк*.

Проходя через магнитное поле головки, лента намагничивается в соответствии с изменением тока в обмотке. Запись представляет собой цепочку магнитов различной длины и различной намагниченности.

Одно из важнейших требований к записи заключается в том, чтобы распределение намагниченности по длине ленты возможно точнее соответствовало изменениям тока записи во времени. Для понимания того, как достигается такое соответствие, рассмотрим несколько подробнее процесс намагничивания.

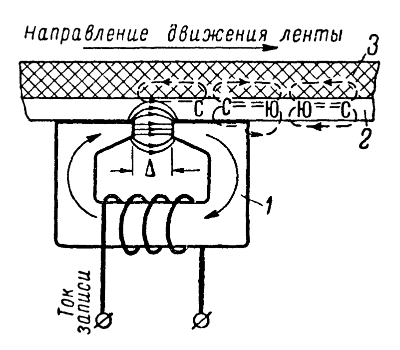


Рис. 1. Схема магнитной записи.
1 — головка записи; *2* — рабочий слой ленты; *3* — основа ленты.

Все ферромагнитные тела, и в частности магнитная лента, состоят из очень маленьких элементарных магнитиков, которые условно можно представить в виде микроскопических стрелок с северным и южным магнитными полюсами (рис. 2). Пока тело не намагничено, элементарные магнитики расположены хаотически (рис. 2,*а*). Намагнитить тело значит ориентировать магнитики по направлению намагничивающего поля. Чем больше магнитиков повернется по направлению поля, тем сильнее намагничено тело (рис. 2,*б*).

Поворачиванию магнитиков препятствуют силы взаимодействия, существующие между самими магнитиками (как бы силы трения между ними). Поэтому при слабых намагничивающих полях элементарные магнитики в ферромагнитном теле почти не поворачиваются и тело намагничивается слабо. При дальнейшем увеличении

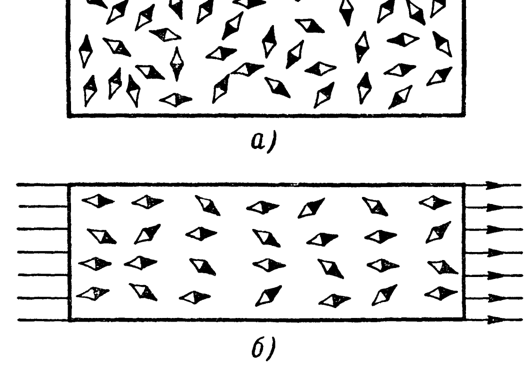


Рис. 2. Элементарные магнитики в ферромагнитном теле.
а — в ненамагниченном; *б* — в намагниченном.

поля повернувшиеся магнитики как бы помогают повернуться остальным; намагниченность растет быстрее, пока не наступает магнитное насыщение, соответствующее состоянию тела, когда все элементарные магнитики в нем ориентированы по направлению намагничивающего поля.

Возвращаясь к процессу записи, нетрудно видеть, что в результате рассмотренных особенностей процесса намагничивания неизбежно должны возникать искажения. Слабые сигналы будут записаны хуже, чем сильные (рис 3).

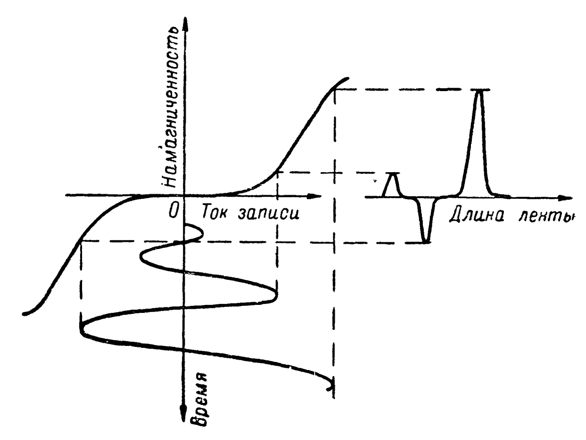


Рис. 3. Искажения сигнала при записи.

Было найдено, что качество записи резко улучшается, если в магнитную головку вместе с током записываемого звукового сигнала подавать ток высокой частоты (40—80 *кгц*), называемый током подмагничивания В этом случае магнитное поле головки, воз-

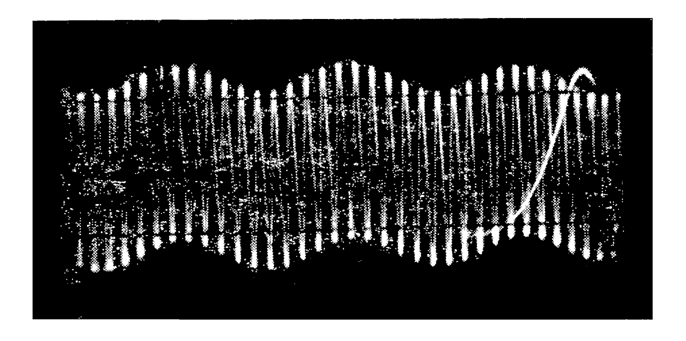


Рис. 4. Магнитное поле головки записи при наличии высокочастотного подмагничивания (звуковой сигнал наложен на сигнал подмагничивания).

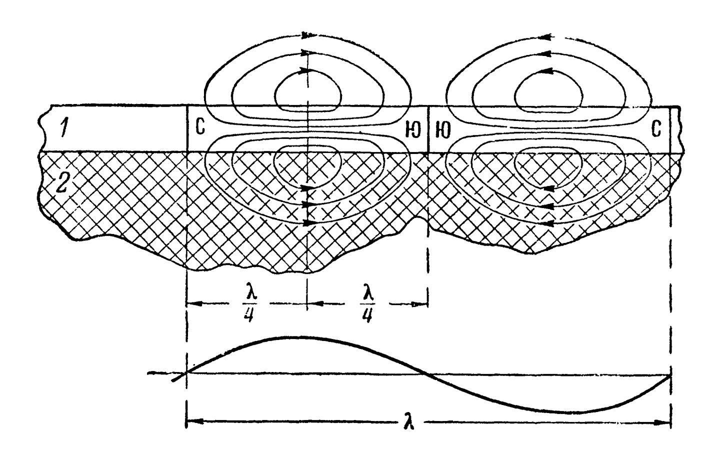


Рис. 5. Намагниченность ленты при записи синусоидального сигнала.
1 — ферромагнитный слой; *2* — основа.

действующее на ленту, будет меняться во времени так, как показано на рис. 4. Сигнал высокой частоты не записывается на ленту, его задача заключается лишь в разрушении связей, «сил трения», существующих между элементарными магнитиками. В этом случае намагничивание ленты становится пропорциональным звуковому сигналу и искажения почти прекращаются. Чтобы действие тока подмагничивания было достаточно эффективным, он должен в несколько раз превышать ток записываемого сигнала.

Если записывается синусоидальный сигнал (звуковые сигналы, как известно, можно представить в виде суммы синусоидальных сигналов), то намагниченность ленты изменяется также по синусоидальному закону. Полному периоду колебания сигнала соответствует запись на отрезке ленты, равном длине волны. Каждая волна записи состоит из двух участков однонаправленного намагничивания, соприкасающихся одноименными полюсами друг с другом, как это показано на рис. 5.

Длина волны записи связана с частотой сигнала следующим соотношением:

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

где λ — длина волны записи, *см*;
f — частота, *гц*;
v — скорость движения ленты, *см/сек*.

Чем выше записываемая звуковая частота, тем меньше длина волны ее записи.

Амплитуда намагниченности ленты обычно уменьшается в сторону более высоких частот. Это объясняется особенностями процесса записи, а также свойствами магнитных лент

Воспроизведение записи. В процессе воспроизведения лента с записью движется около головки воспроизведения, конструкция ко-

торой подобна конструкции головки записи (рис. 6). Когда против рабочего зазора головки оказывается расположенным намагниченный участок ленты, магнитный поток, исходящий из него, пойдет в основном по пути наименьшего сопротивления, т. е. замкнется через сердечник головки, изготовленный из материала с высокой магнитной проницаемостью. Во время движения ленты магнитный поток в сердечнике головки будет изменяться в соответствии с изменением намагниченности ленты и в обмотке головки наведется электродвижущая сила э. д. с. индукции, пропорциональная частоте записанного сигнала. Зависимость э. д. с. от частоты сигнала показана на рис 7 (прямая 1). Предполагается условно, что амплитуда намагниченности ленты на всех частотах одинакова.

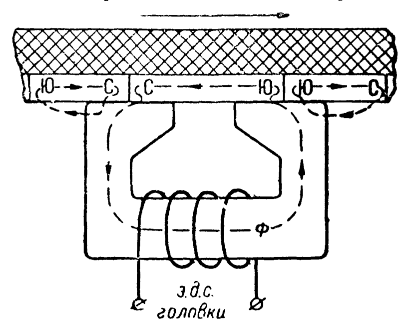


Рис. 6. Принцип устройства головки воспроизведения.

По мере того как с увеличением частоты длина волны записи сигнала на ленте приближается по размеру к ширине рабочего зазора воспроизводящей головки, магнитный поток в сердечнике головки уменьшается и совсем исчезает, когда длина волны оказывается равной ширине зазора Δ (рис. 8). В этом случае на краях зазора располагаются одноименные магнитные полюса и магнитный поток через сердечник головки не проходит. Уменьшение э. д. с. головки, происходящее из-за влияния конечной ширины рабочего зазора, называется щелевыми потерями. В результате щелевых потерь частотная характеристика воспроизведения приобретает вид кривой 2, показанной на рис. 7. Характеристика воспроизведения очень неравномерна; она имеет плавный спад в сторону низких частот и крутой спад на высоких частотах.

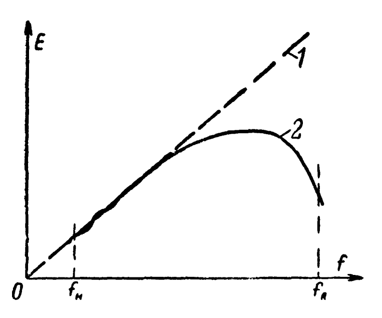


Рис. 7. Частотная характеристика воспроизведения.

Чрезвычайно важно, чтобы наклон рабочего зазора головки к направлению движения ленты был при воспроизведении точно таким же, как при записи. Если это не соблюдается, то частотная характеристика воспроизведения имеет еще более крутой спад на высоких частотах. Обычно устанавливают головки записи и воспроизведения так, чтобы рабочие зазоры были строго перпендикулярны направлению движения ленты.

При записи и воспроизведении лента должна как можно плотнее прилегать к головке, так как неплотное прилегание также увеличивает спад частотной характеристики на высоких частотах. Рез-

кое ухудшение качества воспроизведения (пропадание высоких частот) получается поэтому, если лента из-за неправильной зарядки касается головок не рабочим слоем, а наружной стороной основы.

Практически причиной неплотного контакта головки с лентой могут быть загрязнение рабочей поверхности головки, коробление ленты и неправильная установка головки, когда она прилегает к ленте каким-либо одним краем. Для улучшения контакта головки с лентой в магнитофонах применяют прижимы. Одна из конструкций такого прижима показана на рис 9.

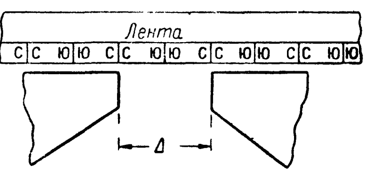


Рис. 8. Когда длина волны записи равна Δ, поток через сердечник воспроизводящей головки равен нулю.

Стирание записи. Одно из основных достоинств магнитной записи заключается в возможности многократно использовать для записи одну и ту же магнитную ленту. Для этого надо удалить, или, как говорят, «стереть» старую запись путем, например, размагничивания ленты.

Размагничивание происходит, если воздействовать на ленту переменным магнитным полем достаточной силы, амплитуда которого медленно спадает. В магнитофоне такой процесс осуществляется с помощью стирающей магнитной головки, которая принципиально не отличается по своей конструкции от головки записи. Стирающая головка питается током высокой частоты обычно от того же генератора, который дает ток подмагничивания. Под действием тока высокой частоты над рабочим зазором стирающей головки возбуждается переменное магнитное поле, действующее на каждую частичку ферромагнитного слоя движущейся ленты. По мере удаления частички от середины рабочего зазора амплитуда поля уменьшается. Чтобы это уменьшение происходило медленнее, ширина рабочего зазора стирающей головки должна быть значительно больше, чем у головки записи; она равна обычно 0,2—0,5 *мм*.

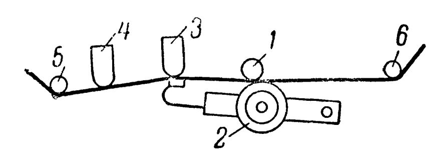


Рис. 9. Устройство для прижима ленты к головке.
1 — ведущий вал; *2* — обрезиненный прижимной ролик; *3* и *4* — универсальная и стирающая головки; *5* и *6* — направляющие колонки.

Некоторые характеристики записи. Рассмотрим кратко наиболее интересные с практической точки зрения характеристики записи, такие, например, как оптимальный ток подмагничивания, уровень записи, шумы ленты и эффект копирования.

Оптимальный ток подмагничивания. Применение высокочастотного подмагничивания позволяет получить хорошее качество записи. Однако, как мы уже говорили, для этого должна быть правильно выбрана величина тока подмагничивания $I_{под}$ в головке записи.

От величины этого тока зависят прежде всего намагниченность ленты, соответствующая записываемому звуковому сигналу, и коэффициент нелинейных искажений $K_н$ записи. Эти зависимости пред-

ставлены на рис. 10, где намагниченность ленты оценивается по выходному напряжению $U_{вых}$ магнитофона.

Ток подмагничивания выбирают обычно таким, чтобы намагниченность ленты была наибольшей. Соответствующую величину подмагничивающего тока $I_{под.опт}$ называют оптимальной. При этом нелинейные искажения записи получаются несколько больше минимально возможных, но не превышают допустимой величины.

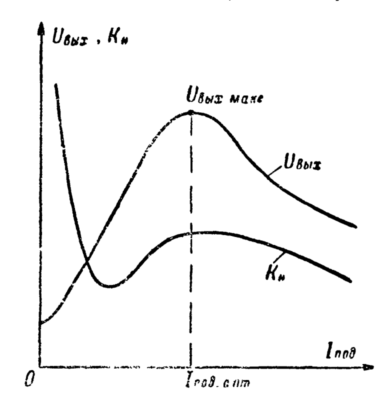


Рис. 10. Зависимость напряжения на выходе магнитофона $U_{вых}$ и коэффициента нелинейных искажений $K_н$ от величины тока подмагничивания $I_{под}$.

Нелинейные искажения зависят также от типа ленты и от величины записываемого звукового сигнала. Хотя общий характер приведеных зависимостей сохраняется для всех лент, однако оптимальные значения тока подмагничивания различны для каждого типа ленты. Поэтому при выпуске магнитофонов подмагничивание устанавливается для одного определенного типа ленты, которого и надо придерживаться при записях.

С другой стороны, надо иметь в виду следующее. Характеристики, показанные на рис 10, обычно определяются для средних звуковых частот, например для частот 400 или 1 000 *гц*. Для них и находится оптимальный ток подмагничивания Для более высоких частот максимум намагниченности ленты наблюдается при меньшем токе подмагничивания Поэтому при токе подмагничивания, несколько меньшем оптимального для данного типа ленты, происходит некоторое улучшение записи высоких частот.

В ряде случаев важно уменьшить модуляционный шум ленты (см. ниже). Для этого ток подмагничивания выбирается несколько большим оптимального. Указанное уменьшение или увеличение тока производится обычно в пределах ±20% от оптимального его значения.

У р о в е н ь   з а п и с и   характеризуется величиной намагниченности ленты после записи. С увеличением тока записи намагниченность возрастает, одновременно увеличиваются нелинейные искажения. Принято считать максимально допустимым уровнем записи тот, при котором коэффициент нелинейных искажений не превышает 2—3% (в зависимости от типа ленты).

Измерение уровня записи производится индикатором уровня, входящим в состав каждого магнитофона. Устройство индикатора уровня будет рассмотрено нами ниже.

Ш у м ы   л е н т ы. Каждая частичка ферромагнитного слоя ленты, даже если лента размагничена, создает некоторый слабый внешний магнитный поток Этот поток направлен хаотически При движении ленты он замыкается через сердечник головки воспроизведения и наводит в обмотке напряжение шумов, называемых собственны-

ми шумами ленты. Уровень этих шумов сравнительно низок (обычно ниже собственных шумов усилителя воспроизведения).

При намагничивании ленты в процессе записи положение частиц ферромагнитного слоя ленты упорядочивается, однако шум не только не уменьшается, а наоборот, возрастает, так как возрастает влияние неоднородностей ферромагнитного слоя, который состоит из частичек различной величины и формы, хаотически расположенных в связующем немагнитном веществе.

Чем больше намагниченность ленты, тем больше шум. Если на ленте записан звуковой сигнал, то при воспроизведении шумы сопровождают полезный сигнал. Такие шумы называются модуляционными.

Модуляционные шумы значительно выше собственных шумов ленты, прослушиваемых в паузах записи, и могут существенно снизить качество записи. Наибольшие модуляционные шумы имеют ленты старых типов (например, лента типа 1).

Шумы возрастают при намагничивании ленты постоянным магнитным полем. Поэтому очень важно, чтобы лента во время записи или после нее не подвергалась действию этих полей, которые могут создаться намагниченными деталями лентопротяжного механизма, и в частности сердечниками магнитных головок. Последние в некоторых случаях приобретают постоянную намагниченность из-за случайного прикосновения к ним намагниченным инструментом или из-за прохождения через обмотку сердечника импульса тока в процессе включения или переключения головок.

Для устранения вредного намагничивания головки и детали лентопротяжного механизма рекомендуется периодически размагничивать при помощи специального размагничивающего электромагнита с большим полем рассеяния. Электромагнит подносится к размагничиваемой детали, а затем медленно отводится от нее. Процесс размагничивания, происходящий при этом, принципиально тот же, что и при стирании магнитной записи с ленты.

Эффект копирования. После записи лента сматывается в рулон и отдельные ее участки плотно соприкасаются друг с другом. При этом сильно намагниченные участки ленты могут намагнитить участки, прилегающие к ним При воспроизведении такой записи прослушиваются опережающие и отстающие эхо-сигналы. В этом и проявляется эффект копирования.

У магнитных лент нормальной толщины в обычных условиях эхо-сигналы достаточно слабы, но они существенно возрастают, если рулон ленты при хранении нагревается или подвергается действию переменного магнитного поля, например поля рассеяния трансформатора питания.

УСТРОЙСТВО МАГНИТОФОНА

Лентопротяжный механизм. Магнитофон состоит из лентопротяжного механизма, усилителей записи и воспроизведения, генератора высокой частоты и индикатора уровня записи

На рис 11 показана схема устройства магнитофона Лента, прижатая обрезиненным прижимным роликом к ведущему валу, протягивается с постоянной скоростью около магнитных головок, разма-

тываясь с левой (подающей) катушки и наматываясь на правую (принимающую) катушку.

Существуют трехмоторные лентопротяжные механизмы, в которых ведущий вал, принимающая и подающая катушки приводятся в движение каждая от собственного двигателя, а также двухмоторные и одномоторные механизмы. В массовых магнитофонах широкого применения в основном используют одномоторные механизмы, в которых вращающие усилия на ведущий вал и на принимающую и подающую катушки передаются с помощью системы передачи от одного общего двигателя.

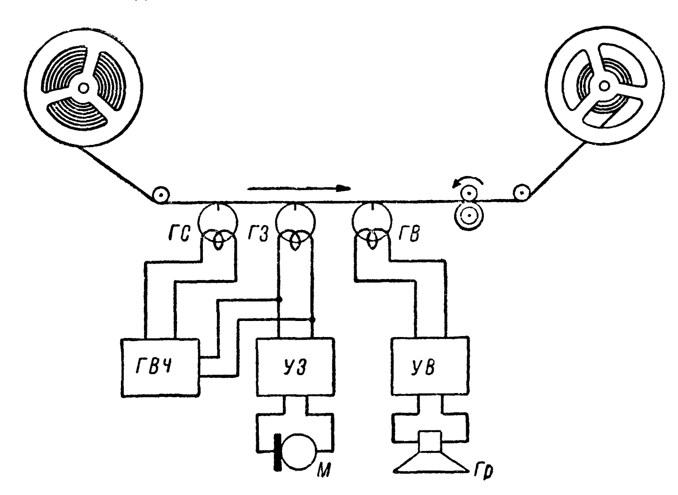


Рис. 11. Схема устройства магнитофона.
ГС — стирающая головка; *ГЗ* — записывающая; *ГВ* — воспроизводящая головка; *ГВЧ* — генератор высокой частоты; *УЗ* — усилитель записи; *УВ* — усилитель воспроизведения; *М* — микрофон; *Гр* — громкоговоритель.

В современных массовых магнитофонах приняты скорости движения ленты 19,05; 9,5 и 4,7 *см/сек*. При прочих равных условиях качество записи лучше при более высокой скорости. Со снижением скорости уменьшаются длины волн записи и возрастают потери на высоких звуковых частотах

Скорость движения ленты в магнитофоне при записи и воспроизведении должна быть достаточно постоянной. Колебания скорости вызывают колебания частоты воспроизводимого звука, очень неприятные для слуха. Они носят названия детонации или «плавания» звука. Основная причина колебаний скорости — биение вращающихся деталей лентопротяжного механизма.

Колебания скорости характеризуются коэффициентом детонации, представляющим собой процентное выражение отношения амплитуды колебаний к номинальному значению скорости Ухо практически не воспринимает колебания скорости, если коэффициент детонации не превышает 0,1%.

Величина коэффициента детонации определяется специальными приборами. Однако существует очень чувствительный субъективный способ ее оценки: путем прослушивания записи продолжительных фортепьянных аккордов, взятых в среднем регистре. Если при этом

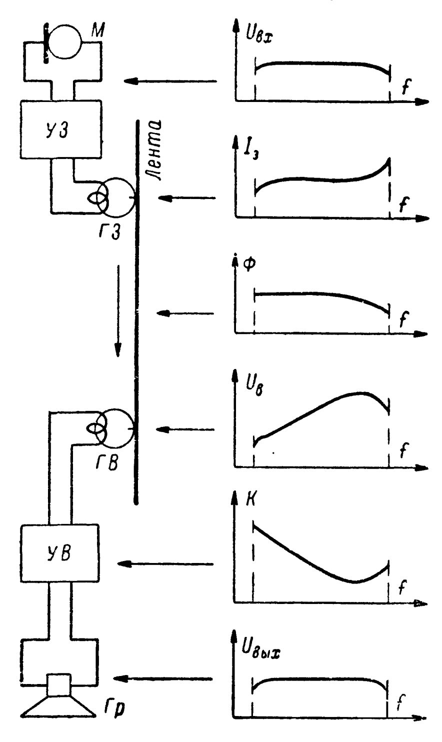


Рис. 12. Тракт магнитной записи и частотные характеристики его отдельных звеньев. *М* — микрофон; *УЗ* — усилитель записи; *ГЗ* — записывающая головка; *ГВ* — воспроизводящая головка; *УВ* — усилитель воспроизведения; *Гр* — громкоговоритель; $U_{вх}$ — входное напряжение; $I_з$ — ток записи; Ф — намагниченность ленты; $U_в$ — напряжение воспроизводящей головки; *К* — коэффициент усиления; $U_{вых}$ — выходное напряжение; *f* — частота.

не прослушивается «плавание» звука, то магнитофон можно считать с точки зрения детонации вполне пригодным для записи и воспроизведения любой музыки

Усилители, генератор и индикатор уровня. На рис. 12 приведены частотные характеристики отдельных звеньев тракта магнитной записи и воспроизведения. Лента и головки являются звеньями,

у которых частотную характеристику изменить очень трудно. Напротив, корректировать частотную характеристику усилителей сравнительно легко. Коррекция в усилителях делается такой, чтобы результирующая частотная характеристика магнитофона была равномерной.

Частотная характеристика усилителя записи выбирается так, чтобы частично скомпенсировать спад частотной характеристики намагниченности ленты. Оставшийся спад, а также неравномерность частотной характеристики воспроизводящей головки корректируются в усилителе воспроизведения.

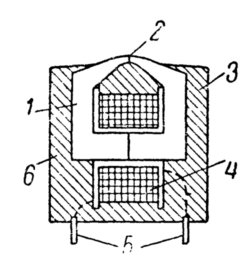


Рис. 13. Магнитная головка.

1 — сердечник; *2* — прокладка рабочего зазора; *3* — заливочная масса; *4* — обмотка; *5* — выводы обмотки; *6* — корпус (экран).

В массовых магнитофонах применяется один общий универсальный усилитель, который попеременно работает то как усилитель записи, то как усилитель воспроизведения. С универсальным усилителем электрически связан генератор тока высокой частоты для стирания и подмагничивания, а также индикатор уровня записи.

В магнитофонах с двумя усилителями во время записи можно одновременно воспроизводить сигнал и контролировать его по показаниям стрелочного прибора на выходе усилителя воспроизведения. Ток записи при этом выбирается таким, чтобы показания прибора не превышали определенной величины. В магнитофонах с одним универсальным усилителем такая возможность отсутствует. Поэтому в них уровень записи контролируют по величине тока в головке записи. В качестве индикатора уровня записи в этом случае обычно применяют лампу «глазок», используемую в радиоприемниках как индикатор настройки.

Светящийся сектор «глазка» сходится, когда ток записи достигает величины, соответствующей максимально допустимой намагниченности ленты.

Магнитные головки. На рис. 13 изображена одна из конструкций головок. Она применима для записи, воспроизведения и стирания. Форма сердечника может несколько отличаться от изображенной.

Для того чтобы к. п. д. головки был возможно большим, материал сердечника должен иметь высокую магнитную проницаемость и создавать малые потери энергии. Поэтому сердечник делают из специальных магнитномягких сплавов. Для уменьшения потерь энергии сердечник изготавливают не из сплошных кусков сплава, а из пластин. В рабочий зазор сердечника вставляют немагнитную прокладку, которая позволяет выдержать необходимую ширину зазора и препятствует его загрязнению. Прокладка делается из фольги бериллиевой бронзы или из слюды.

В массовых магнитофонах для записи и воспроизведения применяют одну общую головку, которую называют универсальной. Головки могут предназначаться для записи по всей ширине ленты (однодорожечная запись) или только по ее части (многодорожечная запись). В массовых магнитофонах чаще всего применяется

двухдорожечная запись, при которой высота рабочего зазора универсальной головки равна 2,3 *мм*, а высота рабочего зазора стирающей головки составляет 2,8 *мм* (рис. 14) Разница в высоте рабочих зазоров сделана для того, чтобы обеспечить стирание старой записи даже в тех случаях, когда дорожка с записью будет занимать бо́льшую ширину, чем 2,3 *мм*, вследствие возможных поперечных колебаний ленты при записи.

Обычно в магнитофонах рабочее направление движения ленты (при записи и воспроизведении) — слева направо. Сначала записывается одна дорожка, а потом катушки с лентой меняются местами и записывается вторая дорожка. В некоторых магнитофонах имеется два направления рабочего движения ленты: слева направо и справа налево. В них устанавливают по две универсальные и по две стирающие головки. Каждая пара головок (универсальная и стирающая) работает при движении ленты в одном направлении.

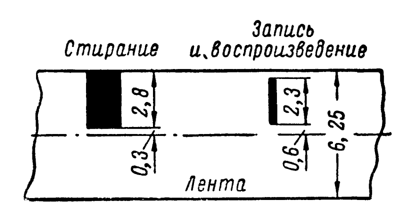


Рис 14. Размеры и расположение рабочих зазоров стирающей и универсальной головок при двухдорожечной записи.

Сердечники стирающих головок в некоторых случаях изготовляют не из металлического ферромагнетика, а из ферродиэлектрического материала—феррита В феррите практически не возникают вихревые токи, поэтому такие сердечники делают сплошными, что упрощает технологию изготовления головок. Кроме того, из-за отсутствия потерь на вихревые токи увеличивается к. п. д. головки. Важным достоинством сердечников стирающих головок, изготовленных из феррита, является также то, что они меньше изнашиваются по сравнению с металлическими сердечниками.

Для изготовления сердечников головок записи и воспроизведения феррит не применяется. Это объясняется тем, что феррит, несмотря на свою твердость, очень легко выкрашивается, что не позволяет сохранить правильную форму ребер на границах рабочего зазора. Для стирающей же головки этот недостаток несуществен.

При работе с лентой, которая является абразивом, лобовая часть головок подвергается износу. Наиболее сильным абразивным действием обладают «свежие» нешлифованные ленты с шероховатой поверхностью (например, лента типа 1). Ленты, бывшие в употреблении, меньше изнашивают головки.

Собранная магнитная головка устанавливается в корпусе, который одновременно служит экраном, т е. защищает головку от воздействия посторонних магнитных полей Такие поля могут создаваться электродвигателем и трансформатором магнитофона, а также другой близко расположенной аппаратурой и при плохом экранировании головки могут быть причиной фона переменного тока, сопровождающего запись Наиболее важно экранировать головку воспроизведения, а в массовых магнитофонах — универсальную головку. Экран делают из материала с высокой магнитной проницаемостью, часто из такого же, как и сердечник головки.

МАГНИТНАЯ ЛЕНТА

Магнитная лента состоит из основы, на которую нанесен ферромагнитный слой. Основа — это тонкая, обычно прозрачная пластмассовая пленка. Ферромагнитный слой представляет собой массу, состоящую из ферропорошка и бесцветного связующего вещества. Размеры частичек ферропорошка не превышают нескольких микрон. В качестве ферропорошка применяют окись железа (ленты типа 1 и 6) и феррит-кобальта (лента типа 2). Материалом основы служит диацетат целлюлозы, а также лавсан и хлорвинил.

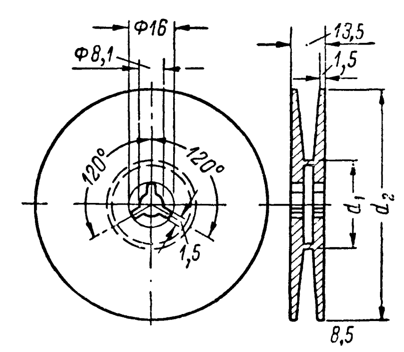


Рис. 15. Катушка для намотки магнитной ленты.

В процессе производства ленты однородная сметанообразная масса, состоящая из ферропорошка и связующего вещества (ферролак), поливается на движущуюся основу. После высыхания лака основа с политым ферромагнитным слоем режется на ленты необходимой ширины. Ширина магнитной ленты, применяемой в массовых магнитофонах, равна 6,25±0,05 *мм*. Толщина так называемой нормальной ленты составляет 55 *мк*, причем основа имеет толщину около 40, а ферромагнитный слой 15 *мк*. Существуют и более тонкие, так называемые долгоиграющие ленты с полуторной, двойной и тройной длительностью звучания. Их общая толщина соответственно равна 37, 27 и 18 *мк*.

В массовых магнитофонах лента наматывается на катушки. Существует семь основных размеров и соответственно семь номеров катушек. Устройство и размеры катушек приведены на рис. 15 и в табл. 1 (на рис. 15 не показаны вырезы, которые обычно делаются на щечках катушек и могут иметь различную форму).

Таблица 1

Номер катушки	Размер d_2, *мм*	Размер d_1, *мм*	Номер катушки	Размер d_2, *мм*	Размер d_1, *мм*
7,5	75	35	18	178	60
10	100	35	22	220	90
13	127	45	25	250	100
15	147	60			

В табл. 2 указана длина рулонов ленты на катушках различных размеров при разной толщине ленты, а в табл. 3 дано время записи или воспроизведения в зависимости от длины ленты в рулоне и от скорости. Эти значения приведены для ленты нормаль-

ной толщины. Для более тонких лент время увеличивается во столько раз, во сколько раз снижается толщина ленты.

В зависимости от технологии изготовления и от примененного ферропорошка свойства магнитных лент получаются различными. Из отечественных лент лучшей является лента типа 6, за ней идет лента типа 2. Что же касается ленты типа 1, то в массовых магнитофонах она пригодна только для записи речи.

Таблица 2

Номер катушки	Толщина ленты, *мк*				Номер катушки	Толщина ленты, *мк*			
	55	37	27	18		55	37	27	18
	Длина рулона, *м*					Длина рулона, *м*			
7,5	50	75	90	135	18	350	525	700	1 050
10	100	150	180	270	22	500	750	1 000	1 500
13	180	270	360	540	25	700	1 050	1 400	2 100
15	250	375	500	750					

Таблица 3

Длина рулона, *м*	Время записи или воспроизведения одной дорожки, *мин*		
	для скорости 19 *см/сек*	для скорости 9,5 *см/сек*	для скорости 4,7 *см/сек*
50	4,5	9	18
100	9	18	36
180	15	30	60
250	22	45	90
350	30	60	120
500	45	90	180
700	60	120	240

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО ЗАПИСИ ЗВУКА

Перезапись музыки с грампластинок и с магнитной ленты. Перезапись с магнитофона по существу является копированием ранее сделанной записи. Для этого необходимы два магнитофона. Линейный вход первого магнитофона соединяется с линейным выходом второго, на котором установлен оригинал записи. Второй магнитофон включается на воспроизведение. Производится репетиционное прослушивание и устанавливается необходимый уровень записи.

Установка уровня может производиться регуляторами усиления обоих магнитофонов, однако во избежание искажений из-за перегрузки входной лампы того магнитофона, на которой будет произво-

диться запись, его регулятор следует ставить в положение, близкое к максимальному усилению, и регулировку уровня производить на том магнитофоне, где установлен оригинал записи.

После установки уровня записи лента оригинала перематывается на начало, первый магнитофон включается на запись, а второй вслед за ним на воспроизведение. Для того чтобы в скопированной записи не прослушивались щелчки, сопровождающие включение лентопротяжного механизма, регулятор усиления любого из магнитофонов можно на это время полностью вывести, заметив предварительно его рабочее положение.

Выполнение перезаписи с грампроигрывателя, имеющего собственный усилитель, не отличается от рассмотренного случая. Качество перезаписи получается более высоким, если на вход магнитофона подсоединять непосредственно звукосниматель проигрывателя, а не выход усилителя.

Речь на фоне музыки. Запишите всю музыку непрерывно. Перемотайте ленту и воспроизведите запись, чтобы заметить те места, где нужно записать речь. Их можно обозначить, заложив между витками ленты небольшие кусочки бумаги. После этого снова перемотайте ленту, аккуратно перенося бумажные отметки с правого рулона на левый. Отодвиньте ленту от стирающей головки, вставив между ними кусочек тонкого картона. Следите внимательно, чтобы лента при этом продолжала хорошо прилегать к записывающей головке. Включите магнитофон на воспроизведение. Как только лента дойдет до первой бумажной отметки, переключите магнитофон на запись и через микрофон запишите речь. Затем переключите аппарат на воспроизведение до следующего места, где снова требуется запись речи.

При таком способе записи музыка несколько заглушается из-за стирающего действия высокочастотного тока подмагничивания во время записи речи, но не стирается полностью, как это было бы в случае контакта ленты со стирающей головкой. Необходимое соотношение громкости речи и музыки можно получить, изменяя уровень в период записи речи или записывая музыку с бо́льшим или меньшим уровнем в тех местах, где позднее будет записана речь.

Одновременная запись речи и музыки с помощью микшера. Более удобно по сравнению с предыдущим случаем проводить одновременную запись музыки и речи с помощью микшера — устройства, позволяющего смешивать сигналы от различных источников.

Микшер по схеме, приведенной на рис. 16, нетрудно изготовить самому. Он имеет два входа: один для микрофона *М* и другой для дополнительного источника сигналов, например звукоснимателя *Зв*, другого магнитофона или радиоприемника.

Контроль записи должен производиться через головные телефоны, включенные на выход усилителя магнитофона или на выход микшера. Необходимое соотношение громкости речи, записываемой через микрофон, и музыки достигается подбором положения регуляторов усиления микшера.

Тихое пение без аккомпанемента. Петь нужно на расстоянии 10—15 *см* от микрофона. Голос в этом случае звучит обычно довольно низко. Рекомендуется поэкспериментировать, изменяя несколько положение микрофона относительно рта, так как при этом можно найти такое положение, при котором данный голос звучит лучше всего.

Громкое пение без аккомпанемента. Микрофон должен быть отодвинут от певца на расстояние 30—50 *см.* При записи громких звуков певец должен немного отклониться назад или в сторону от микрофона.

Хоровое пение. Небольшой хор (4—5 человек) располагается вокруг микрофона, который своей чувствительной стороной должен быть направлен вверх или вниз Чтобы не было слышно шагов, микрофон лучше всего подвесить к потолку или укрепить его на амортизированной подставке. Чем больше хор, тем выше следует располагать микрофон для лучшей передачи всех голосов. Иногда целе-

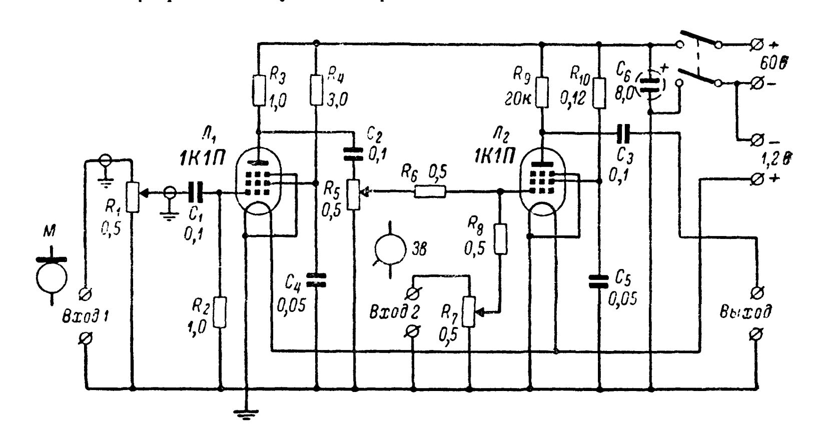


Рис. 16. Схема микшера с электропитанием от батарей.

сообразно некоторые голоса приблизить к микрофону (например, сопрано в смешанном хоре).

Запись хора лучше производить в более гулком помещении, где нет поглощающих звук портьер, ковров и мягкой мебели.

Солист, поющий под аккомпанемент фортепьяно. Не открывайте крышку фортепьяно, иначе выполнение записи в домашних условиях только с одним микрофоном окажется достаточно трудным. Чтобы солист мог видеть ноты, установленные на фортепьяно, микрофон надо поставить совсем близко к солисту, чтобы аккомпанемент не заглушил пение. Пианист должен играть мягко и осторожно пользоваться педалью.

Вообще микрофон следует располагать на расстоянии около 1 *м* от фортепьяно и 30—50 *см* от рта поющего. Небольшие перемещения микрофона позволяют отрегулировать желательное соотношение уровней сигналов от обоих звуковых источников. Ни в коем случае нельзя ставить микрофон на фортепьяно. При этом громкость аккомпанемента будет намного больше, чем громкость голоса солиста.

Солист, аккомпанирующий сам себе на фортепьяно. Микрофон устанавливают на расстоянии 1,75 *м* от пола и 30—50 *см* от рта солиста. Аккомпанемент должен быть очень мягким.

Хор с фортепьянным аккомпанементом. Крышка фортепьяно должна быть закрыта Следите, чтобы аккомпанемент не звучал слишком громко. Микрофон устанавливают на расстоянии 1—2 *м* от фортепьяно и как можно ближе (30—50 *см*) к певцам.

Солист, поющий под аккомпанемент гитары. Микрофон устанавливают на расстоянии 50 *см* от рта солиста Рекомендуется сделать несколько опытных записей, чтобы подобрать громкость игры на гитаре по отношению к громкости голоса солиста.

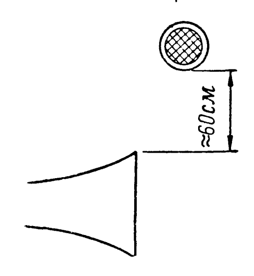


Рис. 17. Расположение микрофона при записи трубы, рожка или кларнета.

Скрипка. Микрофон располагают на штативе справа от исполнителя и выше инструмента, на расстоянии от него 0,5—1 *м*. Во время игры исполнитель должен стараться не перемещать и не качать скрипку, иначе будут происходить заметные изменения уровня записи.

Виолончель. Микрофон помещают на расстоянии 75 *см* над уровнем пола и на таком же расстоянии от исполнителя вправо от него

Деревянные духовые инструменты. Для флейты, гобоя, кларнета и фагота микрофон должен находиться на расстоянии 50—75 *см* Положение микрофона по высоте регулируется с помощью штатива.

Труба, рожок и кларнет. При громкой игре на этих инструментах микрофон должен быть расположен на расстоянии не менее 1,5 *м* от них, однако не так далеко, чтобы звучание получилось слишком гулким. Если для этого нет достаточно места или хотят изменить тембр инструмента, то можно поместить микрофон на 60 *см* выше, развернув его к одной стороне раструба инструмента (рис. 17).

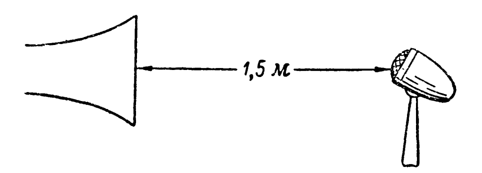


Рис. 18. Запись тромбона.

Приглушенные инструменты совершенно изменяют свой тембр и имеют гораздо менее сильный звук Для них микрофон располагают ближе (на расстоянии порядка 20 *см* от раструба). Чтобы найти наиболее подходящее положение микрофона, надо сделать несколько пробных записей. Исполнитель должен стараться не менять положения инструмента относительно микрофона, так как это сильно влияет на запись.

Тромбон. Микрофон располагают на расстоянии 1,5—3 *м* (рис. 18) Раструб тромбона должен быть несколько повернут в сторону от микрофона, иначе низкие тона могут перегрузить микрофон. Для приглушенных тромбонов расстояние до микрофона уменьшают до 15—30 *см*, а осевую линию раструба тромбона наклоняют под

углом 45° к направлению наибольшей чувствительности микрофона.

Французский рожок. Так как раструб рожка изогнут назад в сторону исполнителя, микрофон, нужно поместить на расстоянии 1,5—3 *м* позади исполнителя. Когда рожок является частью ансамбля, микрофон следует поместить перед ансамблем, а исполнитель должен сидеть к нему спиной.

Труба. Микрофон располагают на расстоянии 1,5—3 *м* от этого инструмента, а в некоторых случаях и несколько дальше.

Пианино. Микрофон располагают на расстоянии около 1 *м* от инструмента и на высоте 75 *см* от пола, желательно с пра-

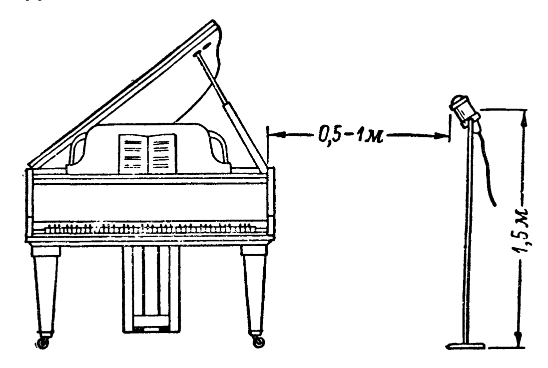


Рис. 19. Запись рояля.

вой стороны от исполнителя. В больших помещениях с хорсшей акустикой расстояние между пианино и микрофоном можно увеличить до 3 *м*.

Не ставьте микрофон на пианино, так как посторонние звуки, исходящие от него (например, стук педали), будут сильно слышны в записи. Не играйте слишком громко и не пользуйтесь чрезмерно педалью. Обращайте особое внимание на соотношение громкостей высоких и низких тонов.

Рояль. Откройте крышку инструмента и поместите микрофон на расстоянии 0,5—1 *м* от него и на высоте 1,5 *м* от пола, чувствительной стороной вверх (рис. 19).

Фисгармония. Микрофон устанавливают так же, как при записи пианино. Надо учесть, что звуки фисгармонии могут вызывать вибрацию некоторых предметов в комнате (например, посуды), создавая посторонние звуки, сильно заметные при записи.

Аккордеон. Микрофон помещают на расстоянии около 50 *см* со стороны клавиатуры верхнего регистра.

Вокальное и инструментальное соло в сопровождении грамзаписи. Для записи требуются магнитофон и электрофон (грампроигрыватель, имеющий собственные усилитель и громкоговоритель). Микрофон располагают так, чтобы он был достаточно близок и к солисту, и к громкоговорителю электрофона. Желательную громкость аккомпанемента следует подобрать регулятором усиления в электрофоне. Контроль производится через телефонные трубки, включенные на выход магнитофона.

Лучшее качество записи можно получить, используя на входе магнитофона микшер, к которому подключают микрофон и звукосниматель электрофона. Усилитель и громкоговоритель электрофона при этом не используются.

Собственный аккомпанемент (запись в два этапа). Имея магнитофоны, можно играть дуэт с самим собой, записав, например, сначала игру на фортепьяно и затем использовав ее в качестве аккомпанемента для своего вокального или инструментального соло

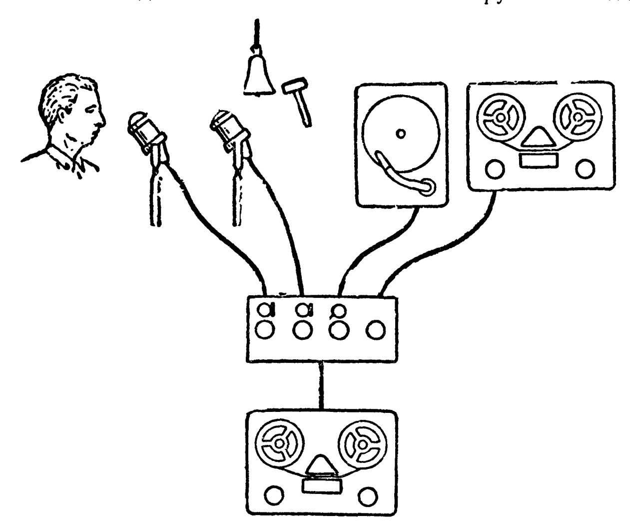


Рис. 20. Запись пьесы с помощью микшера.
Один микрофон служит для записи речи, а другой для записи звуковых эффектов. Музыка может быть записана с проигрывателя или с другого магнитофона.

Техника такой записи аналогична рассмотренной в предыдущем случае, с той лишь разницей что вместо электрофона необходим второй магнитофон.

Разговор. При записи разговора желательно применить ненаправленный микрофон. Говорящие должны стоять в круге диаметром около 1 *м* с микрофоном в центре. Попросите каждого говорящего сказать что-нибудь для пробы и людей с более тихими голосами поставьте несколько ближе к микрофону. Во время записи громкость голосов и расстояние от рта до микрофона не должны существенно изменяться. Такие шумы, как шелест бумаги, очень ясно слышны в записи, поэтому рукопись с текстом в процессе записи целесообразно держать перед собой.

Если среди говорящих есть дети, то попросите их встать, а взрослых сесть так, чтобы рты всех участников разговора были более или менее на одинаковом уровне.

Когда говорящий считает необходимым несколько поднять голос, он должен слегка отвернуть голову от микрофона, чтобы избежать перемодуляции ленты.

Пьесы. Методика записи пьесы в значительной мере зависит от характера последней и является делом вкуса. Запись пьесы требует большой тщательности и значительной затраты времени на подготовку.

В общих чертах такая запись аналогична записи разговора, однако важным дополнением является запись звуковых эффектов. Для этого можно пользоваться тем же микрофоном, которым пользуются и актеры, однако лучше иметь еще один микрофон.

Для записи музыкальных эффектов требуется проигрыватель или второй магнитофон, заряженный лентой с записью музыкального сопровождения. Включение проигрывателя, воспроизводящего магнитофона, актерского микрофона и микрофона звуковых эффектов производится через микшер (рис. 20). Такой микшер можно изготовить из двух микшеров, собранных по схеме, показанной на рис. 16, у которых выходы соединены параллельно.

Требуемые по ходу пьесы звуковые эффекты (например, хлопание двери, шаги по гравию или по полу, свист чайника, телефонный звонок) хорошо бы заранее записать от их оригинального источника. Однако такого рода записи часто не получаются достаточно выразительными. Поэтому в студиях звукозаписи имеются коллекции импровизированных звуков, звучащих более естественно, чем звуки, записанные от реальных источников.

Полезно составить такую коллекцию и для любительской записи, пользуясь приведенным ниже перечнем звуковых имитаций. Расстояние от имитатора звука до микрофона устанавливается опытным путем.

Огонь — помять бумагу или целлофан и одновременно сломать несколько деревянных палочек.

Столкновение — уронить несколько листов жести.

Шум мотора — шум заводной игрушки.

Телефонный звонок — звонок велосипеда.

Визг тормозов — потереть металлом о стекло.

Прибой — выпускать воздух из камеры футбольного мяча и хлопать.

Дождь — помять кусочек целлофана; медленно сыпать крупные зерна риса на металлическую пластинку.

Ветер — воздух, выпускаемый из камеры футбольного мяча.

Бьющееся стекло — уронить лист жести или алюминия.

Гром — потрясти большой лист железа, время от времени ударяя по нему.

Дверной звонок — звонок велосипеда.

Стук копыт — стучать шариком от пинг-понга об пол.

Свист птиц — свистулька с водой.

Выстрел из ружья или револьвера — выстрел холостым зарядом (в комнате без тяжелых занавесей и ковров).

Лифт — звук пылесоса.

Измененный или искаженный голос — говорить в жестяную банку.

Голос по телефону — говорить через трубу.

Шипение пара — погрузить нагретый конец паяльника в воду.

Полезный прибор для создания звуковых эффектов может быть получен, если тонкий лист металла размером примерно 50×60 *см* закрепить на вертикальной деревянной раме. К центру листа через небольшую стальную пружину присоединяется игла звукоснимателя, установленного на отдельной деревянной подставке. Если ударять по листу палочками, обитыми фетром, то создается хорошая иллюзия грома. Можно также имитировать выстрелы из ружья, резко ударяя по листу кусочком металла.

Приобретя некоторый опыт, каждый любитель сможет найти пути создания других звуковых эффектов по своему вкусу при помощи имеющихся у него средств.

Электромузыкальные инструменты. Некоторые инструменты (например, гитару) можно превратить в электромузыкальные, вмонтировав в них звукосниматель или микрофон. Имеются и специальные, полностью электронные музыкальные инструменты, например электроорган.

Такие инструменты обычно включаются непосредственно на вход магнитофона. Качество записи в этом случае получается очень хорошим.

При наличии микшера звуки электромузыкального инструмента можно смешать со звуками, воспринимаемыми микрофоном от обычного музыкального инструмента или от солиста-певца.

Телефонные сообщения. Иногда важно записать на магнитофоне какой-либо разговор по телефону. Это делается с помощью относительно простых средств. На катушку с диаметром каркаса примерно 10 и высотой 30 *мм* наматывают 2 000—3 000 витков провода ПЭЛ 0,1. Катушку помещают в пластмассовый или деревянный футляр, к которому прикрепляют присоску из резины или другого синтетического материала.

Футляр с катушкой устанавливается (присасывается) на корпусе телефонного аппарата. Место установки подбирается практически по наибольшей громкости звучания записи. Катушка реагирует на магнитные поля рассеяния, возбуждаемые в телефонном аппарате во время разговора.

Катушка подсоединяется к микрофонному входу магнитофона двумя многожильными тонкими проводами, тщательно перевитыми между собой и заключенными в экранную оболочку, которую надо заземлить.

Запись вечеров и семейных праздников. Совершенно неправильно ставить микрофон наугад и записывать на ленту все, что он улавливает. Такая запись будет содержать много шума, отрывочных звуков, случайных слов и не создаст правильного впечатления о празднике.

Чтобы этого не получилось, кто-либо из присутствующих, хорошо владеющий речью, должен выполнить роль комментатора, описывая, что происходит вокруг, и представляя выступающих перед микрофоном. Должен быть также выделен «оператор», который будет включать или выключать магнитофон, чтобы избежать напрасного расхода ленты и пропусков в записи.

Можно получить очень интересный эффект, воспроизводя запись, когда вечер еще продолжается, и записать все вместе с реакцией аудитории на другом магнитофоне.

Цена 7 коп.